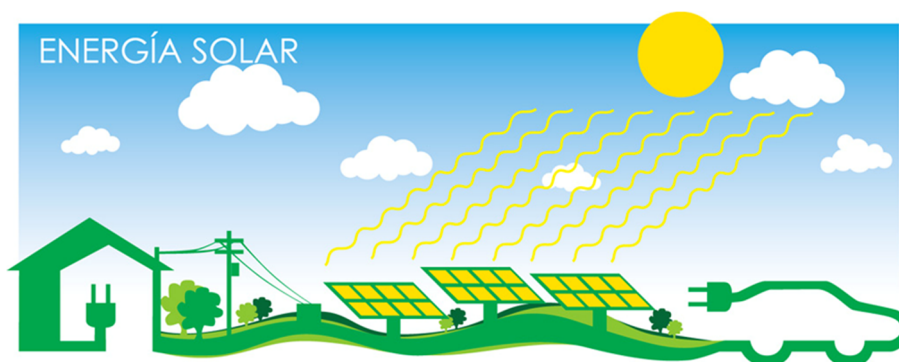


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ



Кафедра  
енергозбереження  
та енергетичного  
менеджменту



**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
до підготовки і видання автореферату  
до дипломної роботи магістра  
для технічних спеціальностей  
всіх форм навчання

Тернопіль – 2016

Тарасенко М.Г. Методичні вказівки до підготовки і видання автореферату до дипломної роботи магістра для технічних спеціальностей всіх форм навчання. Методичні вказівки / М.Г. Тарасенко, К.М. Козак, В.Г. Хомишин. – Тернопіль: Видавництво ТНТУ ім. І. Пулюя, 2016. – 17 с.

<b>Укладачі:</b>	Тарасенко Микола Григорович, доктор технічних наук, професор
	Козак Катерина Миколаївна, кандидат технічних наук, старший викладач
	Хомишин Віктор Григорович, асистент
<b>Рецензент:</b>	Гончар Володимир Васильович, кандидат технічних наук, доцент
<b>Відповідальний за випуск:</b>	Хомишин Віктор Григорович

Методичні вказівки призначені для підготовки здобувачами вищої освіти освітнього ступеня магістр технічних спеціальностей всіх форм навчання. Розглянуто й затверджено на засіданні кафедри енергозбереження та енергетичного менеджменту Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, протокол № 4 від 09 листопада 2016 р.

Схвалено та рекомендовано до друку на засіданні методичної комісії факультету прикладних інформаційних технологій та електроінженерії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, протокол № 4 від 25 листопада 2016 р.

## ПІДГОТОВКА І ВИДАННЯ АВТОРЕФЕРАТУ

### ВСТУП

Написання автореферату – це заключний етап виконання дипломної роботи магістра (ДРМ) перед поданням її до захисту. Автореферат друкують державною мовою. Він повинен стисло, але досить ґрунтовно розкривати основний зміст ДРМ, в ньому не повинно бути надмірних подробиць, а також інформації, якої немає в дипломній роботі магістра. Важливість автореферату як документа полягає також у тому, що з наведеними в ньому даними оцінюють рівень ДРМ і наукову кваліфікацію її автора, його навички оформлення результатів наукової праці. Процес написання автореферату являє собою згортання (компресію) наукової інформації (основний процес аналітико-синтетичної переробки матеріалу, спрямоване на те, щоб виявити і вибрати із змісту ДРМ найсуттєвішу інформацію, подати її в новій стислій формі за принципом «мінімум знаків – максимум інформації»). Така праця потребує певних знань.

Автореферат – своєрідна візитна картка ДРМ. Автореферат – це документ, без якого здобувача не допускають до захисту. **Він обов’язково повинен бути розміщений в інституційному репозиторії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (ELARTU) за адресою: <http://elartu.tntu.edu.ua/> не пізніше ніж за 7 днів до захисту.**

### 1. Структура автореферату

Структурно автореферат складається із загальної характеристики ДРМ, основного змісту, висновків, списку опублікованих праць за темою роботи, анотації українською і англійською мовами.

Загальна характеристика роботи, що подається в авторефераті, має відповідати наведеним у вступі до ДРМ її кваліфікаційним ознакам. Недоцільно використовувати рубрики, не рекомендовані у вимогах до змісту цих ознак. Заголовки рубрик не треба виділяти в окремі рядки, достатньо виділити їх **жирним** шрифтом або *курсивом* і розмістити в підбір із текстом. Крім того, вказують структуру ДРМ, наявність вступу, певної кількості розділів, додатків, повний обсяг ДРМ в сторінках, а також обсяг, що займають ілюстрації, таблиці, додатки (із зазначенням їх кількості), список використаних літературних джерел (із зазначенням кількості найменувань).

В основному змісті стисло викладається сутність дипломної роботи магістра за розділами. Цей розділ повинен дати повне і переконливе уявлення про виконану роботу. Тут головне – стисло і чітко показати стан досліджуваної проблеми, тобто визначити нішу дослідження в загальній проблемі для того, щоб зробити виважений крок уперед у науковому пізнанні. Далі викладається сутність виконаних досліджень з урахуванням послідовності розв’язання поставлених завдань.

Не варто затемнювати основний зміст роботи другорядними дрібницями.

Завдяки вступній частині автореферату складається лише загальне враження про ДРМ, а основна, яка і є власне реферативною, дає більш повне уявлення про її зміст і побудову. У цій частині автореферату важливо показати, як були отримані результати, продемонструвати хід дослідження, викласти сутність використаних методів, навести дані щодо їх точності та трудомісткості, описати умови й основні етапи експериментів. Нюанси висвітлення змісту ДРМ можуть розрізнятися залежно від наукової галузі, теми й інших чинників. Проте у всіх випадках до автореферату доцільно вводити насамперед висновки та кінцеві результати.

**Висновки** – це стисла інформація про підсумки виконаної роботи, яка повинна відповідати загальним висновкам ДРМ. Вони починаються з формулювання наукового завдання або проблеми, за вирішення якої здобувач претендує на присудження вищої освіти освітнього ступеня магістр.

Сформульоване наукове завдання (проблема) вельми тісно пов'язується з назвою ДРМ, метою роботи й основними науковими положеннями, які захищаються в ДРМ. Це ніби наукова «формула», згусток отриманої наукової новизни. Зазвичай формулювання починається так: «У роботі наведено теоретичне узагальнення та нове вирішення наукового завдання (або наукової проблеми), що виявляється в...». Далі треба вказати, яким саме є наукове завдання (проблема), як воно вирішене і для чого в кінцевому розумінні (прикладному плані) вона призначена.

Після формулювання вирішеного наукового завдання (проблеми) у висновках викладають головні наукові та практичні результати роботи. Вони тісно пов'язані з науковими та прикладними положеннями, викладеними в загальній характеристиці роботи.

Кожен науковий і прикладний висновок роботи треба формулювати чітко і однозначно. Формулювання віддзеркалює суть і новизну зробленого. Але тут не можна доходити до рівня анотації.

Суть автореферату полягає у точній відповідності змістові ДРМ, а його зміст дає повне уявлення про наукову цінність і практичну значущість ДРМ.

Список опублікованих праць здобувача за темою ДРМ подають відповідно до вимог міждержавного стандарту з обов'язковим наведенням назв праць і прізвищ співавторів. Опубліковані праці, котрі розкривають основні положення ДРМ, вносять до списку в такому порядку: монографії, брошури, статті у наукових фахових виданнях, авторські свідоцтва, патенти, статті, депоновані й анотовані у наукових журналах, тези доповідей тощо.

## 2. Анотації

На останніх сторінках автореферату розміщують анотації українською та англійською мовами. Анотація англійською мовою повинна бути розгорнутою, обсягом до 5000 друкованих знаків, про зміст і результати ДРМ, українською мовою – обсягом до 1200 знаків (0,5 сторінки) – ідентичного змісту інформація про основні ідеї та висновки ДРМ.

**Анотації складаються за такою формою:**

- прізвище й ініціали здобувача;
- назва дипломної роботи магістра;
- вид дипломної роботи магістра – рукопис;
- спеціальність (шифр і назва);
- установа де відбувається захист;
- місто, рік;
- основні ідеї, результати та висновки ДРМ.

Викладати матеріал в анотації потрібно стисло і точно. Належить використовувати синтаксичні конструкції, притаманні мові ділових документів, стандартизовану термінологію, *уникати складних граматичних зворотів, маловідомих термінів і символів.*

Після анотації наводять ключові слова відповідною мовою. *Ключове слово* – це слово або стійке словосполучення із тесту анотації, яке з точки зору інформаційного пошуку несе смислове навантаження. Сукупність ключових слів повинна відображувати поза контекстом основний зміст наукової праці. Загальна кількість ключових слів – не менше трьох і не більше десяти.

Ключові слова подають у називному відмінку, друкують у рядок, через кому.

### **3. Оформлення автореферату**

*За обсягом автореферат* (без обкладинки й анотацій) повинен бути в межах 5-8 сторінок при друкуванні через 1 інтервал у текстовому редакторі Word з розміщенням від 40 до 44 рядків на сторінці. Шрифт *Times New Roman*.

На лицьовій сторінці обкладинки автореферату подаються: назва міністерства (МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ), нижче – назва вищого навчального закладу в якому захищається здобувач (ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМАНІ ІВАНА ПУЛЮЯ). Нижче по центру (через 3 інтервали) прізвище, ім'я і по батькові здобувача **напівжирним шрифтом**. Потім **індекс УДК** (через 3 інтервали, див. п. 4 методичних вказівок), назва ДРМ **напівжирним шрифтом** (через 4 інтервали), шифр і назва спеціальності (через 5 інтервалів), підзаголовок «Автореферат дипломної роботи на здобуття вищої освіти освітнього ступеня магістр» (через 8 інтервалів), місто, рік (Тернопіль – 2017) – через 7-9 інтервалів).

На зворотному боці обкладинки автореферату зліва зазначаємо – **Дипломною роботою магістра є рукопис** (напівжирним шрифтом), нижче вказується назва в якій виконана дипломна робота магістра. Нижче зліва в стрічці через 2 інтервали пишемо – **Науковий керівник** (напівжирним шрифтом) і далі в стовпчик вказуємо науковий ступень, вчене звання, **прізвище ім'я та по батькові** керівника, його місце роботи й посада, ще нижче (через 2 інтервали) пишемо – **Рецензент** (напівжирним шрифтом) з вказанням наукового ступеня, вченого звання, **прізвища ім'я та по батькові** рецензента, його місце роботи й посада. Далі через 7-10 інтервалів пишемо **Захист відбудеться** (напівжирним шрифтом), дата і час проведення захисту, назву і номер екзаменаційної комісії, шифр

і назву спеціальності, адреса організації, при якій її створено. Окремим рядком – бібліотека в якій можна ознайомитися з дипломною роботою магістра. Підпис секретаря екзаменаційної комісії.

Автореферат не має титульного аркуша.

Номери сторінок проставляються в центрі верхнього берега сторінки. Нумерація починається з цифри 1 на першій сторінці, де міститься загальна характеристика роботи. Структурні частини автореферату не нумерують, їх назви друкують великими літерами симетрично до набору напівжирним шрифтом.

Формат паперу 148 × 210 мм з друкуванням тексту з обох боків аркуша. Береги з усіх сторін 20 мм, шрифт – *Times New Roman*, розмір шрифту – 14 пт, інтервал між рядками – 1, параметри сторінки – формат А4, розташування – книжне.

Приклад оформлення автореферату наведено нижче.

#### **4. Методика визначення індексів УДК**

Універсальна десяткова класифікація (УДК) – це міжнародна багатомовна класифікаційна система, що об'єднує всі галузі знань в єдиній універсальній структурі з загальною десятковою нотацією. Визначення класифікаційного індексу УДК наукових статей необхідне для того, щоб публікація зайняла належне місце в інформаційних фондах, а також для її більш швидкого пошуку за допомогою правильно визначеного індексу змісту. В Україні індекс УДК визначають за другим україномовним виданням таблиць УДК, підготовку і випуск яких здійснює Книжкова палата України. Таблиці УДК призначені для систематизації документів, пошуку інформації та організації фондів документів з усіх галузей знань у бібліотеках, видавництвах, інформаційних центрах тощо; роботи без індексу УДК не розглядаються при реєстрації в глобальних базах даних. Багато наукових журналів (часописів) вимагають індекс УДК на статтю для її публікації. Процес індексування документів за УДК можна подати у вигляді переліку таких операцій:

- ознайомлення зі змістом документа;
- формулювання основного змісту та відбір понять, які відображають основний зміст документа;
- аналіз семантичної ролі понять основного змісту документа (поділ на основні й допоміжні поняття);
- визначення тематичного розділу таблиць УДК, в якому необхідно шукати поняття, що індексується, за допомогою пошуку індексу в АПП;
- визначення індексів для понять, що індексуються, або їхніх складових;
- перевірка відповідності значень отриманих індексів і понять;
- визначення відношень між поняттями основного змісту документа для вибору знаків з'єднання індексів цих понять в єдиний індекс документа;
- компонування індексу як результат використання правил.

За структурою УДК – ієрархічна комбінаційна система, яка містить основну таблицю, допоміжні таблиці й абетково-предметний покажчик. До її основного ряду входять такі класи:

- 0 – Загальний відділ.**
- 1 – Філософія. Психологія.**
- 2 – Релігія. Теологія (богослов'я).**
- 3 – Суспільні науки.**
- 4 – (вільний з 1961 р.).**
- 5 – Математика. Природничі науки.**
- 6 – Прикладні науки. Медицина. Техніка.**
- 7 – Мистецтво. Декоративно-прикладне мистецтво. Ігри. Спорт.**
- 8 – Мова. Мовознавство. Художня література. Літературознавство.**
- 9 – Географія. Біографії. Історія.**

Структура індексації в УДК логічна, кожен наступний знак в індексі відображає рівень класифікації. На першому ступені індекси однозначні, на другому — двозначні, на третьому — тризначні і т. д. Завдяки такій побудові індекси можуть легко розширюватися, деталізуватися і, навпаки, згортатися, стискатися. Наприклад:

**330 – Економіка в цілому.**

**330.8 – Історія економічних теорій, доктрин, догм.**

**330.82 – Класичні та посткласичні економічні теорії. Лібералізм. Етичні, романтичні, історичні.**

**330.821.1 – Класична економічна теорія (Петті, А. Сміт, Рікардо).**

**331 – Праця. Працевлаштування. Робота. Економіка праці. Організація праці.**

**331.5 – Ринок праці. Працевлаштування. Зайнятість.**

УДК має розгорнуту систему допоміжних таблиць, які складаються з таблиць загальних визначників, що використовуються в усіх діленнях основної таблиці, і таблиць спеціальних (аналітичних) визначників, що використовуються в межах певних розділів. До загальних визначників належать визначники форми, місця, народів, часу, загальні визначники з дефісом. Визначники форми використовуються для відображення літературної форми і читацького призначення документа. Наприклад:

**(043) – Дисертації. Тези.**

Визначники місця відображають територіальну ознаку змісту документів. Наприклад:

**(477) – Україна.**

**(478) – Молдова. Республіка Молдова.**

Визначники з дефісом дають змогу показати матеріали або компоненти, з яких зроблені предмети, вироби **(-03)**, або окремі професії, кадри, особи **(- 05)**. Наприклад:

**621-05 – Машинобудівники.**

## 5. Індекссування документів за Універсальною десятиковою класифікацією

Якщо у документі розглядаються дві або декілька тем, то правила використання УДК дозволяють утворювати комбіновані індекси. Для об'єднання в одному індексі змісту декількох класів УДК коди відповідних класів об'єднують знаком « » (знак поєднання). Так, для індекссування документу, зміст якого обіймає як хімію, так і фізику, слід утворити індекс, в якому код тематики хімії поєднано знаком плюс із кодом фізики. Наприклад: тему **«Молодь, наука, технології: хімія і фізика в сучасних технологіях»** можна представити індексом **001.89:[54 53]**, де:

**001.89 – Організація наукової та науково-дослідної роботи.**

**54 – Хімія. Кристалографія. Мінералогія.**

**53 – Фізика.**

Часто в документах розглядають багатоаспектні питання, у яких поєднують зміст різних класів УДК не механічно, а у якості різноманітних аспектів однієї теми. Для зазначення багатоаспектності теми коди класів окремих аспектів поєднують у єдиному індексі через знак двокрапки, котрий у даному випадку має назву «знак відношення». Наприклад: тема **«Системи податкового обліку в банках»** буде представлена індексом **336.22:336.71:657**, в якому використані три класи з таблиць УДК:

**336.22 – Податки. Збори.**

**336.71 – Банки. Банківська справа.**

**657 – Бухгалтерія. Бухгалтерський облік. Рахівництво.**

Наприклад: тема **«Діяльність Науково-консультаційної ради Народного комісаріату земельних справ УСРР (1927-1930) з розвитку сільськогосподарської дослідної справи»** буде мати індекс **061.1:349.414:[63:001.89](477) «1927/1930»**, в якому використані наступні класи таблиць УДК:

**061.1 – Державні організації і державні об'єднання**

**349.414 – Землекористування та державне планування землекористування**

**63 – Сільське господарство.**

**001.89 – Організація наукової та науково-дослідної роботи**

**(477) – Україна.**

**«1927-1930» – Визначники часу.**

Таблиці визначників розроблені дуже детально, вони мають тисячі ділень. Завдяки цьому значно зменшується обсяг основної таблиці, збільшується точність відображення ознак документів і таким чином підвищуються оперативність і точність пошуку. Для пошуку УДК можна, для прикладу, скористатися інформаційно-довідковою системою на сайті <https://teacode.com/online/udc/>.



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

**БОРЕЦЬКИЙ БОГДАН ІВАНОВИЧ**

УДК 628.9:621.311.1.004.183

**СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНКИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ  
ДЖЕРЕЛ СВІТЛА ТА ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ УСТАНОВОК**

8.05070108 – Енергетичний менеджмент

**АВТОРЕФЕРАТ**  
дипломної роботи на здобуття вищої освіти  
освітнього ступеня магістр

Тернопіль – 2017

## **Дипломною роботою магістра є рукопис**

Робота виконана в Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

### **Науковий керівник**

доктор технічних наук, професор  
**Карпінський Микола Петрович**,  
професор кафедри "Комп'ютерних наук"  
Тернопільського національного технічного  
університету імені Івана Пулюя

### **Рецензент**

доктор технічних наук, професор  
**Лупенко Анатолій Миколайович**  
завідувач кафедри світлотехніки та  
електротехніки  
Тернопільського національного технічного  
університету імені Івана Пулюя

**Захист відбудеться** "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2017 р. о \_\_\_\_\_ годині на засіданні екзаменаційної комісії № 41 з атестації здобувачів вищої освіти освітнього ступеня магістр 8.05070108 – енергетичний менеджмент при Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя МОН України за адресою: 46000, м. Тернопіль, вул. Микулинецька, 46, аудиторія 404.

З авторефератом дипломної роботи магістра можна ознайомитись в інституційному репозиторії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (ELARTU) за адресою: <http://elartu.tntu.edu.ua/>.

*Секретар  
екзаменаційної комісії № 41*

Хомишин В.Г.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми роботи.** Питаннями підвищення енергоощадності освітлювальних установок, розробкою методів оцінки енергоефективності, дослідження електричних, світлотехнічних та експлуатаційних характеристик теплових, розрядних і напівпровідникових джерел світла займалися такі вчені: Кунгс Я.А., Айзенберг Ю.Б., Кожушко Г.М., Тарасенко М.Г., Пилипчук Р.В., Shen M, Peng F. та ін.

Незважаючи на це, низка питань так і залишилася не до кінця вирішеною, а саме: *процес формування* основних параметрів енергоефективності джерел світла; *розроблення* системного підходу щодо визначення енергоефективності джерел світла; *динаміка* номінальних світлових віддач у процесі зростання потужності для всіх типів джерел світла.

Саме це і зумовило **актуальність** проведення робіт, спрямованих на: а) *встановлення* залежності номінальних світлових віддач від номінальних потужностей джерел світла; в) *розроблення* системного підходу до оцінки енергоефективності джерел світла на етапі їх вибору при реалізації проектів освітлення.

**Мета й задачі дослідження.** Метою дипломної роботи магістра є розробка системного підходу до оцінки енергоефективності джерел світла та освітлювальних установок. Для досягнення вказаної мети в роботі вирішувались наступні *задачі*:

1. Аналіз сучасного стану досліджень динаміки електричних, світлотехнічних та експлуатаційних параметрів джерел світла в процесі експлуатації і регулювання світлового потоку та методів оцінки енергоефективності освітлювальних установок, побудованих на їх основі.

2. Встановлення математичних залежностей номінальних світлових віддач від номінальних потужностей для існуючих типів джерел світла.

3. Розробка системного підходу до оцінки енергоефективності джерел світла на етапі їх вибору, спираючись на задекларовані виробником номінальні параметри та діючі тарифи на електроенергію.

**Об'єкт дослідження** – процес формування основних параметрів енергоефективності джерел світла.

**Предмет дослідження** – параметри джерел світла та режимів експлуатації як взаємопов'язаних елементів освітлювальних установок (ОУ).

**Методи дослідження.** Поставлені задачі вирішувались на основі:

а) теоретико-експериментальних досліджень перехідних процесів та усталених режимів експлуатації теплових, розрядних та напівпровідникових джерел світла; б) системного та статистичного аналізу в середовищі *Microsoft Office Excel* та програмі *Advanced Grafer* для визначення коефіцієнтів інтерполяційних моделей; в) планування експериментальних робіт та оброблення отриманих результатів із використанням методів математичної статистики.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає в обґрунтуванні та вирішенні науково-технічної задачі підвищення адекватності оцінки енергоефективності джерел світла на основі одночасного врахування множини збурювальних факторів, які суттєво впливають на їхні якісні та кількісні параметри в складі освітлювальних установок в процесі експлуатації. При цьому одержано такі наукові результати:

1. Встановлено математичні залежності номінальних світлових віддач ( $H_{л.ном}$ ) від номінальних потужностей ( $P_{л.ном}$ ) для існуючих джерел світла.

2. Запропоновано системний підхід до визначення енергоефективності джерел світла та ОУ з точки зору питомої вартості одиниці світлової енергії, виробленої джерелом світла за середню тривалість його світіння.

3. Доведено, що найкращими з точки зору енергоефективності експлуатації ДС в процесі регулювання світлового потоку є ті значення напруги для теплових і струму для напівпровідникових джерел світла, для яких характерні не тільки найменші значення нормованої питомої вартості одиниці світлової енергії, але й виробляється максимальна її кількість.

4. Встановлено, що світловипромінюючі діоди є єдиним з існуючих джерел світла, у яких в процесі розгорання відбувається падіння як світлового потоку, так і світлової віддачі, а при димеруванні – зростання світлової віддачі.

**Практичне значення одержаних результатів.** Ґрунтуючись на результатах експериментальних досліджень, теоретичних узагальнень і розробок, вирішено задачі, які мають важливе народногосподарське значення:

1. Запропоновано методику для визначення реалістичних значень можливих змін номінальних світлових віддач (зростання або падіння) з ростом номінальних потужностей джерел світла при реалізації проектів освітлення.

2. Запропоновано системний підхід до оцінки енергоефективності джерел світла та ОУ на етапі їх вибору при реалізації проектів освітлення.

3. Визначено результати впливу електричних, світлотехнічних та експлуатаційних характеристик на енергоефективність джерел світла.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення та результати дисертаційної роботи оприлюднені та обговорені на: XVI науковій конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (Тернопіль, 5-6 грудня 2012 р.); V Міжнародній науково-технічній конференції в рамках Светотехнического международного форума «LEDLIGHT'2013» «Современные тенденции развития светотехники» (Харьков, 15-16 мая 2013 г.); XVII науковій конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (Тернопіль, 20-21 листопада 2013 р.); Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (Тернопіль, 11-12 грудня 2013 р.).

**Структура і обсяг роботи.** Дипломна робота магістра складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 85 найменувань на 11 сторінках та 4 додатків. Загальний обсяг дисертації становить 98 сторінок, з них 75 основного тексту, 42 рисунка та 15 таблиць.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та основні задачі досліджень, показано зв'язок із науковими програмами, планами, темами, сформульовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наведено дані про особистий внесок здобувача, публікації, апробацію та впровадження результатів роботи.

**Перший розділ** «Аналіз сучасного стану впливу електричних, світлотехнічних та експлуатаційних параметрів джерел світла на їх енергоефективність» носить оглядово-аналітичний характер і висвітлює основні тенденції по досліджуваним проблемним питанням. Підкреслено, що основою ефективної енергетичної політики сучасності повинні стати: енергобезпека, енергоефективність, енергозбереження та екологічна гармонізація суспільного розвитку.

З появою напівпровідникових ДС, яким притаманні не тільки високі світлові віддачі та середня тривалість світіння, але й велика ціна, виникла необхідність у розробленні системного (з точки зору сукупності показників), підходу до оцінки енергоефективності ДС та освітлювальних установок на їх основі.

В результаті аналізу літературних джерел розкрито стан і суть наукової проблеми, виокремлено низку завдань вирішення яких потребує відповідних теоретичних та експериментальних досліджень.

У другому розділі «Вплив електричних, спектральних, світлотехнічних та експлуатаційних параметрів на енергоефективність джерел світла» на основі проведених експериментальних досліджень побудовано графічні залежності номінальних світлових віддач від номінальних потужностей для всіх типів джерел світла (ДС), у тому числі і теплових (ТДС) (рис. 1).

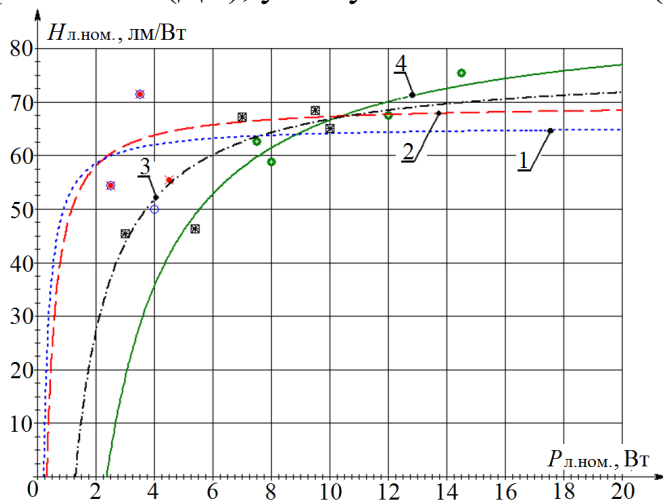


Рис. 1. Залежність номінальних світлових віддач ( $H_{л.ном.}$ ) від номінальних потужностей ( $P_{л.ном.}$ ) для світлодіодних ламп прямої заміни ламп розжарення (СДЛПЗ): 1 – LED STAR CLASSIC P; 2 – PARANHOM CLASSIC B; 3 – LED STAR CLA-SSIC A; 4 – PARANHOM CLASSIC A ADVANCED

Аналіз графіків показав, що номінальні світлові віддачі ДС, незалежно від фізичних принципів їхньої дії, з ростом номінальної потужності змінюються за одним і тим самим законом – гіперболічним. Для більшості – це зростаючі гіперболи. І тільки для трьох типів ДС вони є падаючими. Для визначення конкретних значень можливих змін (збільшення або зменшення) світлових віддач з ростом номінальних потужностей ДС розроблена спеціальна методика. Суть цієї методики полягає у переході до нормованих залежностей світлових віддач від потужностей джерел світла (рис. 2). Чим вище отримана залежність проходить від горизонтальної прямої, проведеної через ординату 1, тим більше буде очікуване зростання світлової віддачі джерел світла і навпаки. Доведено, що реально досяжні значення світлових віддач джерел білого світла з високим індексом кольоропередачі ( $R_a \geq 93$ ) знаходяться в межах від 118 до 131 лм/Вт.

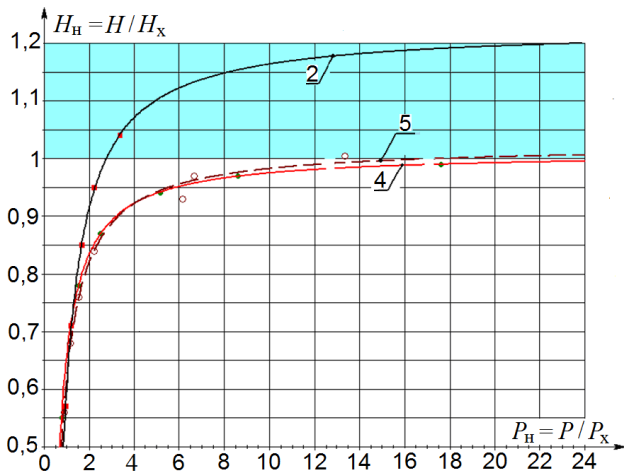


Рис. 2. Залежність нормованих світлових віддач від нормованих потужностей джерел світла для РЛВТ для кривих 2, 4, 5 рис. 1

У третьому розділі «Особливості характеристик джерел світла в стаціонарних та динамічних режимах експлуатації» отримані аналітичні залежності динаміки світлового потоку джерел світла в процесі експлуатації. Аналіз існуючих і власних досліджень показав, що ці залежності, у разі якщо вони нормовані, ідентичні, і мають вигляд наведений на рис. 3. Різним для кривих є тільки кінцева величина спаду світлового потоку  $\Delta F_n$ . Вони добре описуються виразом (1) і дають можливість визначати кількість виробленої світлової енергії ДС за будь-який наперед заданий проміжок часу

$$F_n(t_n) = (F_{n, \text{ном}} - \Delta F_n) + \Delta F_n \cdot \exp(-t_n / \tau_1) - \Delta F_{n2} \cdot (1 - \exp(-t_n / \tau_2)), \quad (1)$$

1

де  $F_n(t_n)$  – перехідний нормований світловий потік ДС;

$F_{n, \text{ном}}$  – нормований номінальний світловий потік ДС ( $F_{n, \text{ном}} = 1$ );

$\Delta F_n$  – нормований спад світлового потоку в кінці СТС джерел світла згідно із стандартом LM-80 ( $\Delta F_n = 0,05 - 0,50$ );

$\Delta F_{n2}$  – вимушений нормований світловий потік другої складової перехідного процесу падіння світлового потоку ДС протягом СТС від моменту початку експлуатації;

$t_n$  – нормований час;

$\tau_1, \tau_2$  – сталі часу складових перехідного процесу.

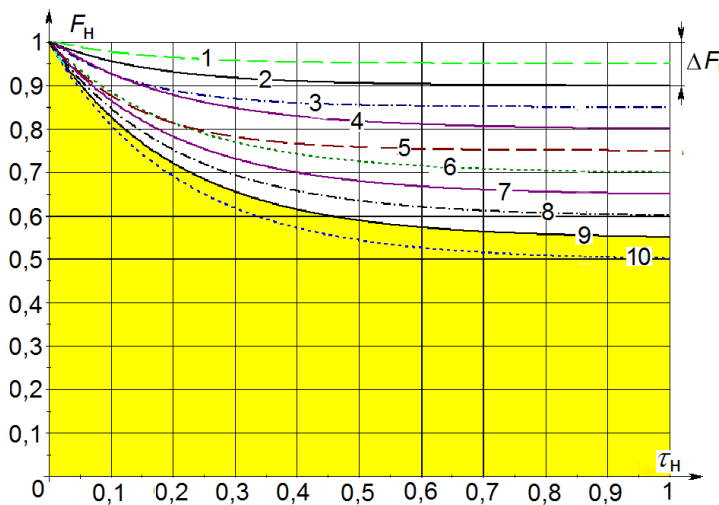


Рис. 3. Динаміка нормованого світлового потоку в процесі експлуатації протягом СТС

У четвертому розділі «Системний підхід щодо визначення енергоефективності джерел світла» розроблений системний підхід до оцінки енергоефективності джерел світла, незалежно від фізичних принципів їхньої дії. Його достовірність підтверджена порівнянням результатів розрахунків в залежності від кількості врахованих параметрів при визначенні енергоефективності ДС за: а) класами

енергоефективності згідно Директиви 98/11/EG; б) світловими віддачами; в) вартістю одиниці світлового потоку (за формулами (2)); г) вартістю одиниці світлової енергії (за формулами (3) та (4)) та г) питомою вартістю одиниці світлової енергії (за формулами (5) та (6)), виробленої ДС за середню тривалість світіння (див. рис. 4)

$$C_{F \min} = (C_{\text{дс. min}} + C_{\text{ПРА min}}) / F_{H \min}, \quad C_{F \max} = (C_{\text{дс. max}} + C_{\text{ПРА max}}) / F_{H \max}, \quad (2)$$

де  $C_{F \min}$ ,  $(C_{F \max})$  – мінімальна (максимальна) вартість одиниці світлового потоку ДС, грн/лм;  $C_{\text{дс. min}}$ ,  $(C_{\text{дс. max}})$  – мінімальна (максимальна) вартість ДС, грн;  $F_{H \min}$ ,  $(F_{H \max})$  – номінальний мінімальний (максимальний) світловий потік відповідного ДС, лм. При цьому

$$C_{q \min} = (C_{\text{дс. min}} + C_{\text{ПРА min}}) / (F_{H \min} \cdot \tau_{\text{дс. min}}), \quad (3)$$

$$C_{q \max} = (C_{\text{дс. max}} + C_{\text{ПРА max}}) / (F_{H \max} \cdot \tau_{\text{дс. max}}), \quad (4)$$

де  $C_{q \min}$ ,  $(C_{q \max})$  – мінімальна (максимальна) вартість одиниці світлової енергії, грн/(Млм × год.);  $P_{\text{дс. min}}$ ,  $(P_{\text{дс. max}})$  – мінімальна (максимальна) потужність ДС, грн.;  $\tau_{\text{дс. min}}$ ,  $(\tau_{\text{дс. max}})$  – мінімальна (максимальна) СТС ДС, год;

$$C_{qP \min} = (C_{\text{дс. min}} + C_{\text{ПРА min}}) \cdot P_{\text{дс. min}} / (F_{H \min} \cdot \tau_{\text{дс. min}}), \quad (5)$$

$$C_{qP \max} = (C_{\text{дс. max}} + C_{\text{ПРА max}}) \cdot P_{\text{дс. max}} / (F_{H \max} \cdot \tau_{\text{дс. max}}), \quad (6)$$

де  $C_{qP \min}$ ,  $(C_{qP \max})$  – мінімальна (максимальна) вартість одиниці питомої світлової енергії, виробленої ДС за СТС, грн×Вт/(Млм×год).

Умовно ДС за усередненими світловими віддачами можна розбити на три групи: 1 – низької ефективності, 2 – середньої ефективності, 3 – високої ефективності (рис. 4,а). В той час як за класами енергоефективності всі ДС, починаючи з номера 10 на рис. 4,а відносяться в основному до кл. А. Таким чином, між оцінкою енергоефективності ДС за величиною світлової віддачі та класами енергоефективності немає належної відповідності. При оцінці енергоефективності ДС з точки зору вартості одиниці світлового потоку (рис. 4,б) з'ясувалося, що світлодіодні лампи прямої заміни (СДЛПЗ) за цим параметром є найгіршими. Найкращими за цим параметром виявилися всі решта ДС, в тому числі і ТДС. Це обумовлено низькою вартістю ДС і не потрібністю будь-якого ПРА для них.

При оцінці енергоефективності ДС з точки зору вартості одиниці світлової енергії (рис. 4,в), виробленої ними за середню тривалість світіння ситуація дещо змінилася. ТДС перейшли в розряд низько ефективних ДС, а решта – до високоефективних. В тому числі й СДЛПЗ (за виключенням № 10), у яких найвищі вартість комплексу ДС+ПРА. Оцінка енергоефективності за питомою вартістю одиниці світлової енергії, виробленої ДС за СТС (рис. 4,г) показала, що лампи розжарення загального призначення є найгіршими, трохи кращими є КГЛР. Найкращими виявилися СДЛПЗ, КЛЛ і ЛЛ.

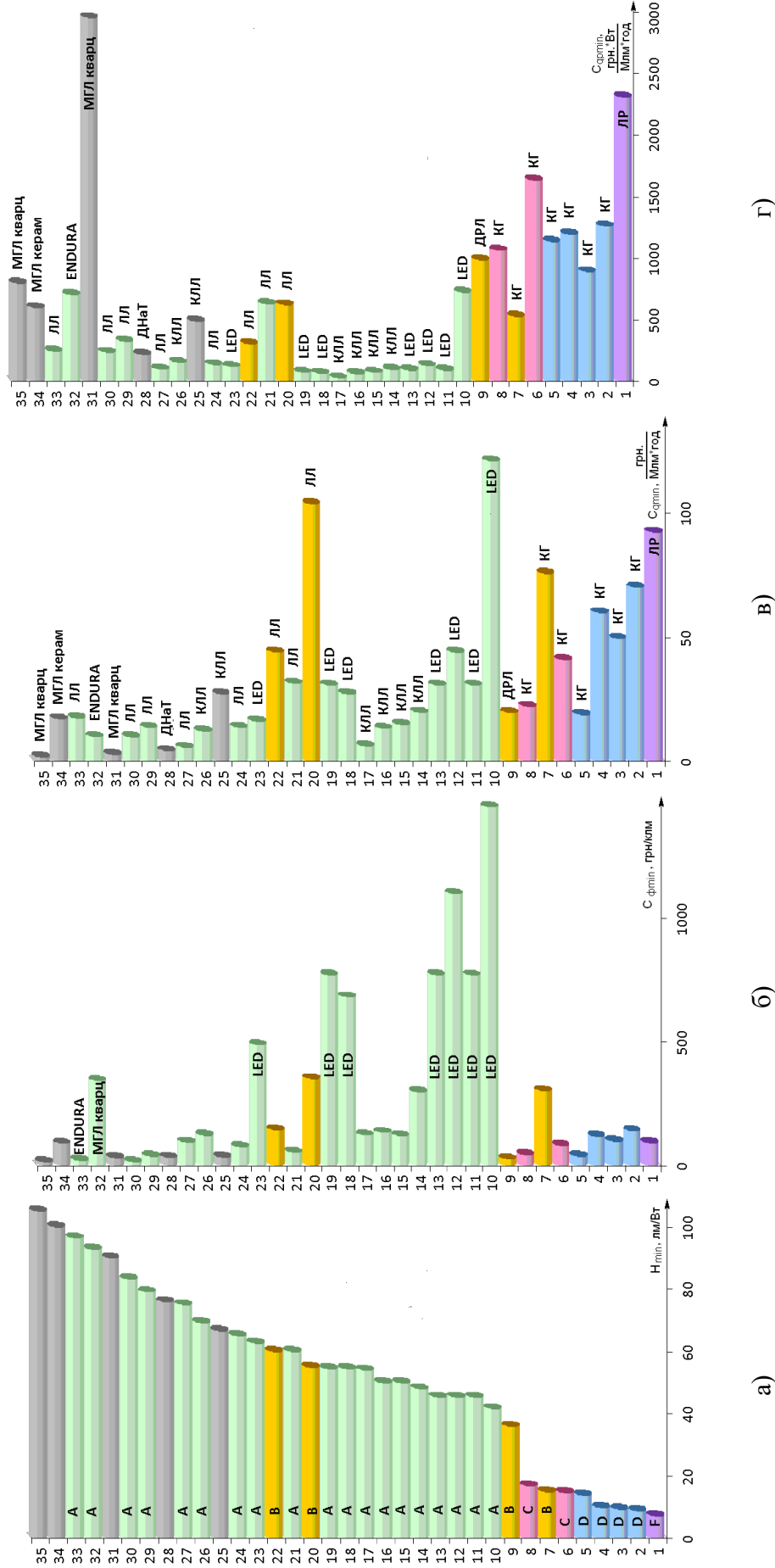


Рис. 4. Діаграми оцінки енергоефективності існуючої гама джерел світла за наступними мінімальними показниками: а) світлових віддач і класів енергоефективності від А до G; б) вартостей одиниць світлового потоку, розрахованих за виразом (2); в) вартостей одиниць світлової енергії, розрахованих за виразом (3); г) питомих вартостей одиниць світлової енергії, виробленої за середню тривалість світіння ДС, розрахованих за виразом (5). На діаграмах по осях абсцис відкладені значення зазначених вище показників енергоефективності. По осях ординат проставлені номери, які відповідають назвам ДС



Серед розрядних ламп високого тиску – ДНаТ і метало-галогенні лампи з кварцовим пальником крім метало-галогенної лампи під № 31 на рис. 4,г. Це обумовлено виключно високою вартістю як власне ламп, так і необхідної для них пускорегулювальною апаратурою (ПРА).

У процесі аналізу з'ясувалося, що найбільш реалістичні результати при визначенні енергоефективності ДС дає метод оснований на використанні системного підходу, який ґрунтується на визначенні питомої вартості одиниці світлової енергії виробленої, ДС за СТС як на етапі його вибору, так і в процесі експлуатації з урахуванням вартості ДС, тарифу на електроенергію, спаду світлового потоку ДС в процесі експлуатації та вартості, мінімально необхідної для нормальної роботи ДС, пускорегулювальної апаратури (драйвера).

## **ВИСНОВКИ**

1. Доведено, що системний підхід до оцінки енергоефективності джерел світла (незалежно від фізичних принципів їхньої дії) та освітлювальних установок, побудований на врахуванні максимальної кількості доступних параметрів дає можливість отримати реалістичні дані щодо їхньої енергоефективності, на основі порівняння питомої вартості одиниці світлової енергії, виробленої джерелами світла за середню тривалість їхнього світіння.

2. Запропоновано концепцію конструювання безблискісних світлодіодних світильників, яка ґрунтується на багатокомпонентності, а саме: переході від загального до зонального освітлення приміщень, від категорії «лампа» до категорії «освітлювальний прилад».

3. Доведено, що автомобільні дороги найкраще освітлювати золотисто-жовтим світлом розрядних ламп високого тиску (РЛВТ) типу ДНаТ, а пішохідні переходи додатково ще й спеціалізованими світлодіодними освітлювальними приладами, що дасть можливість не тільки підвищити енергоефективність ОУ, але й знизити число дорожньо-транспортних пригод з участю пішоходів.

4. Встановлено, що для ДС з постійно падаючою залежністю енергоефективності регулювання світлового потоку з точки зору нормованої питомої вартості одиниці світлової енергії, виробленої в процесі димерування, найкращім режимом експлуатації є режим ввімкнено-вимкнено, що забезпечує отримання максимально можливої економії електричної енергії в процесі експлуатації.

### ***Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати роботи***

1. Борецький Б.І. Залежність номінальних світлових віддач джерел світла від номінальних потужностей / Б.І. Борецький, М.Г. Герасимів // Вісник Тернопільського нац. техн. ун-ту ім. І. Пулюя. – 2013. – № 2 (70) – С. 173 – 183.
2. Karpiński M. Energy efficiency regulation of the light source's luminous flux / M. Karpiński, K. Boreckiy // Pomiar \* Automatyka \* Robotyka (PAR). – Warszawa – 2013. nr 11. – P. 96-100.
3. Позитивне рішення на патент – корисна модель світлодіодного світильника МПК F 21 S 5/00 (2012.01).

## АНОТАЦІЯ

**Борецький Б.І. Системний підхід до оцінки енергоефективності джерел світла та освітлювальних установок. – Рукопис.**

Дипломна робота магістра за спеціальністю 8.05070108 – енергетичний менеджмент. – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2017.

Дипломна робота присвячена розвитку науково-технічних основ оцінки енергоефективності джерел світла та освітлювальних установок, побудованих на їх основі. Доведено, що найбільш достовірним методом оцінки енергоефективності джерел світла, незалежно від фізичних принципів їхньої дії, є метод, оснований на оцінці енергоефективності за питомою вартістю одиниці світлової енергії, виробленої джерелом світла за середню тривалість його світіння.

Запропоновано концепцію конструювання безблискісних світлодіодних світильників. Доведено, що автомобільні дороги найкраще освітлювати золотисто-жовтим світлом РЛВТ типу ДНаТ, а пішохідні переходи додатково ще й спеціалізованими світлодіодними освітлювальними приладами.

**Ключові слова:** джерела світла, світловий потік, світлова віддача, потужність, питома вартість одиниці світлової енергії.

## ANNOTATION

**Boreckiy B.I. System-based approach toward light sources and lighting installations energy efficiency assessment. - Manuscript.**

Diploma paper for a Master's Degree, speciality 8.05070108 – energy conservation and energy management. – Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ternopil, 2017.

The thesis deals with the development of scientific and technical bases of assessment of light sources and lighting settings' energy efficiency manufactured on their basis. It has been proved that the most reliable, comprehensive and scientifically sound evaluation method of energy efficiency of light sources regardless of physical principles of their functioning is the method based on the assessment of energy efficiency by the specific cost per unit of light energy produced by a light source within an average duration of its luminescence. That is caused by the fact that in estimating there has been taken into account the maximum possible number of available parameters (the cost of light sources and the minimum of start-control devices necessary for them, the power of light sources, luminous efficiency of a light sources set plus start-control devices and an average duration of glow) which influence energy efficiency in the greatest degree.

There has been developed a mathematical model for calculating realistic values of electrical energy savings for any functional dependencies of luminous flux light sources regulation, taking into account the power losses in electromagnetic ballast chokes.

**Keywords:** light sources, luminous flux, luminous efficiency, power, specific cost per unit of light energy, energy efficiency.

**РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА**

1. Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення: ДСТУ 3008-95. – Введ. в дію 01.01.1996. – К.: Держспоживстандарт України, 1995. – 38 с.
2. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання: ДСТУ 8302:2015. – Введ. в дію 01.07.2016. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 16 с.
3. Наказ МОН України «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» № 40 від 12.01.2017 р. [Електронний ресурс]: Web-сайт. – К.: Верховна Рада України, 2017. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0155-17>.